

Wie Pflanzen ihren Gasaustausch kontrollieren

Neuer Mechanismus zur Kontrolle des Wasserhaushalts der Blätter



Die Epidermis aller Blätter besitzt Stomata, zwei durch bohnenförmige Zellen begrenzte Poren, die den Gasaustausch von Pflanzen bestimmen. Die Anpassung der Stomata an die vorherrschenden Umweltbedingungen ist dabei einer der zentralen Mechanismen, wie die Pflanzen mit der Umwelt in Wechselwirkung treten. Neue Messungen weisen darauf hin, dass die durch Pigmente und Wasser im Blatt absorbierte Strahlung eine wichtige, regulierende Rolle spielt, um die Öffnungsweite dieser Poren zu bestimmen.

Stomata kontrollieren die Versorgung der Pflanze mit Kohlendioxid für die Photosynthese und den damit untrennbar verbundenen Verlust an Wasserdampf, die Transpiration. Dadurch beeinflussen sie das Wachstum der Pflanze, ihre Produktivität und durch Schließung schützen sie die Pflanzen vor schädlichem Wasserverlust bei Trockenheit. Stomata spielen auch eine wichtige Rolle bei der Wechselwirkung ganzer Pflanzenbestände und Ökosysteme mit der Atmosphäre und üben damit einen einschneidenden Einfluss auf das Wetter und das regionale und globale Klima. Würde man alle Pflanzen von der Landoberfläche entfernen, was man mit Hilfe von mathematischen Modellen *in silico* betreiben kann, wäre es auf der Erde unerträglich heiß und trocken [1].

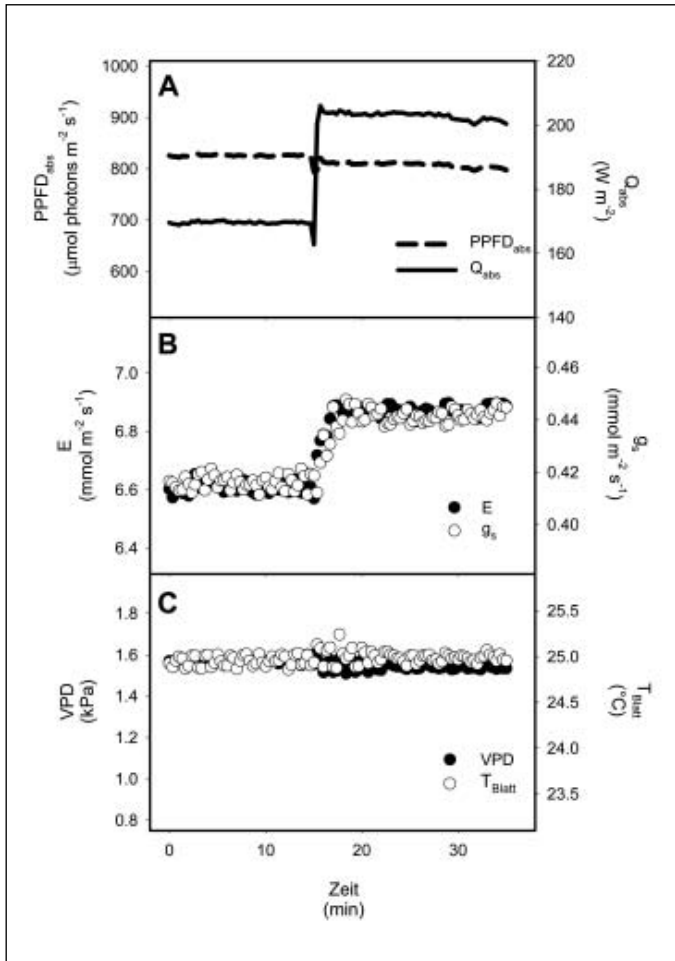
Stomata werden seit über 300 Jahren sehr intensiv untersucht. Hugo von Mohl

hat bereits 1856 den Öffnungs- und Schließmechanismus beschrieben [2]. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts erkannte Darwin [3], dass Stomata durch eine Vielzahl von Umweltbedingungen beeinflusst werden, insbesondere Licht, Kohlendioxid, Luft- und Bodenfeuchte. Wie diese Wechselwirkung jedoch kontrolliert wird, ist immer noch nicht ausreichend verstanden. Neue Experimente weisen darauf hin, dass der Austausch an Wasserdampf und Energie an der Außenseite des Blattes sehr eng mit Prozessen im Blattinneren verknüpft ist [4]. Sonnenblumenblätter wurden in einer Blattküvette eines Gaswechsellmesssystems eingespannt und mit einer Halogenleuchte mit einem Infrarotfilter oder einem voll reflektierenden Spiegel belichtet (Abb. 1). Tauscht man den IR-Filter gegen den Spiegel aus, wird die Menge an Lichtenergie

(Q_{abs}), die von Blatt absorbiert wird, um den IR Anteil erhöht, während die photosynthetisch aktive Strahlung (PPFD_{abs}, 400 – 700 nm) konstant bleibt (Abb. 2 A). Dies führt dazu, dass die Transpirationsrate (E) und die stomatäre Leitfähigkeit (g_s) zunehmen (Abb. 2 B), während die Blatttemperatur (T_{Blatt}) und die Luftfeuchte (VPD) konstant bleiben (Abb. 2 C). Weitere Experimente mit unterschiedlichen Lichtquellen führten zu ähnlicher Öffnungsweiten der Stomata bei gleichem Energieeintrag und ein mathematisches Modell konnte die Messungen reproduzieren. Eine eindeutige Schlussfolgerung – die vom Blatt absorbierte Energiemenge ist die treibende Größe.

Diese Ergebnisse lassen sich nicht ohne weiteres mit gegenwärtigen Modellen zur Kontrollmechanismen der Stomata vereinbaren. Bislang ging man davon aus,

Abb. 1: Ein Sonnenblumenblatt ist eingespannt in einer Blattküvette und belichtet mit einer Halogenleuchte mit einem IR-Filter.



dass die im Blatt absorbierte Energie wie an einer Kette von Zelle zu Zelle bis in die Nähe der Stomata weitergegeben wird, wo das Wasser verdunstet und entweichen kann. Diese Ergebnisse sind jedoch konsistenter mit der Hypothese, dass das Wasser im Blattinneren verdunstet, an Stellen, an denen Energie absorbiert wird. Der Wasserdampf verteilt sich im hochporösen Blattinneren und kann an der Innenseite der Blattepidermis kondensieren und einen Mechanismus induzieren, der die in der Epidermis befindlichen Stomata öffnet

Abb. 2: Gaswechselformung an einem Sonnenblumenblatt. A, die absorbierte photosynthetisch aktive Strahlung (PPFDabs) und die entsprechende Menge an absorbiertener Strahlungsenergie (Qabs); B, die gemessene Transpirationsrate (E) und die stomatare Leitfähigkeit (gs); C, die gemessene Blattemperatur (T_{Blatt}) und die Luftfeuchte, dargestellt als Sättigungsdampfdruckdefizit (VPD). 15 Minuten nach Beginn des Experiments wurde der IR-Filter gegen einen Spiegel ausgetauscht.

und schließt. Diese Hypothese basiert auf physikalischen Prozessen im Blattinneren und bietet neue Rahmenbedingungen, um die Wechselwirkung der Stomata mit der Umwelt zu untersuchen.

Referenzen

- [1] Shukla J und Mintz, Y.: Science 215, 1498–1501 (1982)
- [2] von Mohl H.: Botanische Zeitung 14, 697–704–713–720 (1856)
- [3] Darwin F.: Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences 190, 531–621 (1898)
- [4] Pieruschka R. et al.: PNAS doi: 10.1073/pnas.0913177107 (2010)

Kontakt

Dr. Roland Pieruschka
Forschungszentrum Jülich
Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre
Jülich
Tel.: 02461/61-1784
r.pieruschka@fz-juelich.de
www.fz-juelich.de